

**Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker**

**Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. H. Zucker**

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER
WACHSTUMSGESCHWINDIGKEIT VON SCHWEINEN AUF DIE
KONZENTRATIONEN DER NUKLEINSÄUREN UND EINIGER WEITERER
NPN-SUBSTANZEN IM KOTELETT**

**Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**von
ULRIKE MARSCHNER
aus
Amberg**

München 1986



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554819_0065

Meiner Mutter

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. H. Zucker

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DER
WACHSTUMSGESCHWINDIGKEIT VON SCHWEINEN AUF DIE
KONZENTRATIONEN DER NUKLEINSAUREN UND EINIGER WEITERER
NPN-SUBSTANZEN IM KOTELETT

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
ULRIKE MARSCHNER
aus
Amberg

München 1986

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker

Referent: Prof. Dr. H. Zucker

Korreferent: Priv.Do. Dr. Dr.habil. Ch. Ring

Tag der Promotion: 28. Februar 1986

INHALTSÜBERSICHT

		Seite
1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1.	Muskelwachstum und Muskelfaserdifferenzierung	3
2.2	Auswirkung der Fütterungsintensität auf die Schlachtkörperbeschaffenheit und die Muskelzellgröße	5
2.3	Chemische Zusammensetzung von Schweinefleisch	7
2.3.1	Rohnährstoffe	7
2.3.2	Protein	8
2.3.3	NPN-Substanzen	9
	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	12
3	Material und Methoden	12
3.1	Untersuchte Tiere	12
3.2	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung	15
3.2.1	Haltung und Fütterung	15
3.2.2	Schlachtung und Probenentnahme	16
3.3	Analytische Methoden	17
3.3.1	Rohnährstoffanalysen	17
3.3.2	Nukleinsäurebestimmung	18
3.3.3	Harnstoff- und Ammoniakbestimmung	21
3.3.4	Creatin- und Creatininbestimmung	21
3.3.5	Histologische Untersuchungen	21
4	Ergebnisse	22
4.1	Mast- und Schlachtleistungen	22
4.2	Chemische Untersuchungen	26
4.3	Histologische Untersuchungen	32
5	Diskussion	36
6	Zusammenfassung	44
7	Summary	46
8	Literaturverzeichnis	48

1 . EINLEITUNG

Fleisch stellt eine wichtige Eiweißquelle in der menschlichen Ernährung dar. Für die ernährungsphysiologische Beurteilung wirkt es sich besonders positiv aus, daß die Aminosäurezusammensetzung des Muskels weitgehend dem Aminosäurebedarf des menschlichen Organismus entspricht.

Von der Art und der Menge des im Fleisch vorhandenen Proteins wird neben der ernährungsphysiologischen Qualität auch das Verhalten bei der Verarbeitung und küchenmäßigen Zubereitung beeinflusst.

Die Bestimmung des Proteingehaltes einer Substanz erfolgt vielfach über deren Stickstoffgehalt (multipliziert mit dem Faktor 6,25). In dem auf diese Weise erhaltenen sog. Rohproteinwert sind neben den eigentlichen Eiweißkörpern auch andere stickstoffhaltige Stoffe enthalten, die als Nichtproteinstickstoff- (NPN-) Substanzen bezeichnet werden, wie etwa Harnstoff, Ammoniak, Creatin und Creatinin. Sie vermindern den wertbestimmenden Anteil des Proteins einestells, zum anderen können einige dieser Substanzen ihrerseits zur Fleischqualität beitragen.

So ist Creatin bzw. Creatinin u.a. auch Geschmackstoff und beeinflusst die sensorische Fleischqualität. Von anderen Stoffen ist wiederum bekannt, daß sie sich negativ im Stoffwechselgeschehen auswirken können. Beispielsweise erhöhen Nukleinsäuren in der Nahrung den Harnsäurespiegel im Blut; dies spielt besonders für die Ernährung bei Gichtkrankungen eine Rolle (CLIFFORD et al., 1976).

Bei einer Untersuchung der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub über die Qualität von Schweinefleisch war durch unterschiedliche Nährstoffkonzentration im Futter verschieden schnelles Wachstum bei den Tieren herbeigeführt worden. Die chemischen Analysen nach der Schlachtung ergaben u.a. zwar bei allen Gruppen den gleichen Rohproteingehalt im Fleisch, aber deutlich verschiedene Konzentrationen

an Reinprotein¹⁾ (d.i. (Aminosäurenstickstoff + Ammoniakstickstoff) x 6,25) und somit an Nichtproteinstickstoff (HOLSTEIN et al., 1985).

Es wurde die Hypothese aufgestellt, daß die Tiere je nach ihrer Wachstumsgeschwindigkeit unterschiedlich große Zellen und damit einen unterschiedlichen Anteil des Nukleinsäurenstickstoffs am Gesamtstickstoff aufweisen würden.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit folgender Mastversuch bei Schweinen durchgeführt:

Durch unterschiedlich hohe Energiezufuhr über das Futter wurde bei einem Teil der Tiere schnelleres Wachstum erzielt. Nach der Schlachtung wurden die üblichen Roh Nährstoffanalysen durchgeführt und zur Quantifizierung der wichtigsten NPN-Substanzen im Muskel die Konzentrationen der Nukleinsäuren sowie des Harnstoffs, des Ammoniaks und des Creatins bzw. Creatinins erfaßt.

Um festzustellen, ob möglicherweise vorhandene Unterschiede in den Nukleinsäurenkonzentrationen auf Unterschiede im Zellgehalt des Muskels zurückzuführen seien sowie zur Bestimmung des jeweiligen Anteils der Muskelfasertypen wurden, ergänzend zu den chemischen Analysen, histologische Untersuchungen vorgesehen.

1) Der hier verwendete Begriff des Reinproteins ist nicht identisch mit der Definition des Reinproteins in der Lebensmittelchemie

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 MUSKELWACHSTUM UND MUSKELFASERDIFFERENZIERUNG

Die Muskelfasern von ausgewachsenen Individuen sind vielkernige Gebilde. Im Laufe der Größenzunahme des Muskels werden drei Arten des Wachstums beobachtet:

Im embryonalen Leben kommt es durch Zellteilungen zu einer Vermehrung der Zellzahl. Die Zellgröße bleibt in diesem Stadium konstant. Dann folgt eine Phase, in der sowohl die Zellzahl als auch die Zellgröße ansteigen. Vom Zeitpunkt der Geburt an bleibt die Zellzahl nach überwiegender Auffassung nahezu konstant, und es findet nur noch eine Größenzunahme der Zellen statt (WINICK and NOBLE, 1965).

STAUN (1963) gibt die Zunahme des Muskelfaserdurchmessers im *M. longissimus dorsi* von Schweinen der DL mit $0,1 \mu\text{m}$ pro kg Lebendmassezunahme in der Gewichtsspanne von 60 kg bis zum Ende der Wachstumsphase an.

Von der Annahme ausgehend, daß bei Säugern jeder diploide Zellkern den gleichen Gehalt an DNS hat (VENDRELY, 1955), ist der Schluß vom DNS-Gehalt auf die Anzahl der Zellen in einem Gewebe möglich.

Als Index der Zellgröße gilt das Protein/DNS-Verhältnis. CHEEK et al. (1971) sprechen von einem konstanten RNS/DNS-Verhältnis für die jeweiligen Organe.

Trotz gleichbleibender Zellzahl nimmt nach Meinung von ENESCO and PUDDY (1964) die Kernzahl pro Muskelfaser auch nach der Geburt noch zu. Da die Muskelfaserkerne postnatal nicht mehr teilungsfähig sind, nehmen MOSS and LEBLOND (1970) an, daß die zusätzlichen Kerne aus den sog. Satellitenzellen entstammen, die zwischen Basalmembran und Plasmalemm der Fasern liegen. Nach einer mitotischen Teilung der Satellitenzellen werden die Tochterzellen in die Muskelfaserzellen aufgenommen.

LEE and KAUFFMAN (1974) fanden im gesamten Muskel mit zunehmendem Alter eine Zunahme der Kernzahl und hielten den Anstieg des intramuskulären Fettgewebes für die Ursache dieser Ergebnisse.

Die Frage nach der Determination der Muskelgröße beantworten einige Autoren damit, daß die DNS-Menge, die während der Phase der Zellkernproliferation synthetisiert wurde, die Muskelgröße bei der Reife bestimmt (WINNICK et al., 1968; POWELL and ABERLE, 1975).

Die Differenzierung in die Muskelfasertypen findet nach COOPER et al. (1970) beim Schwein kurz nach der Geburt statt. Durch Selektion auf Schnellwüchsigkeit und Muskelbildungsvermögen nahm bei den Zuchtrassen gegenüber den ursprünglichen Rassen sowohl der Anteil an weißen Fasern als auch deren mittlere Querschnittsfläche stark zu (RAHELIC and PUAC, 1980; SZENTKUTI et al., 1981; BADER, 1983).

Auf Grund einer enzymatisch bedingten Insuffizienz des Energiestoffwechsels im Muskel und hier speziell in den weißen Fasern sind besonders die hochgezüchteten Schweinerassen für die Entstehung von Myopathien prädisponiert, aus denen auch der Qualitätsmangel PSE-Fleisch resultiert (DAMMIRICH, 1981).

2.2 AUSWIRKUNG DER FÜTTERUNGSINTENSITÄT AUF DIE SCHLACHTKÖRPERBESCHAFFENHEIT UND DIE MUSKELZELLGRÖSSE

Über die Einflüsse der Fütterungsintensität auf das Muskelwachstum und auf die Schlachtkörperzusammensetzung liegen zahlreiche Untersuchungen vor, die z.T. zu verschiedenen Ergebnissen und Schlußfolgerungen kommen. Ein exakter Vergleich ist kaum möglich, da die Versuche nicht unter identischen Bedingungen durchgeführt wurden.

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren (HEUNISCH, 1974; HEINE, 1975) zeigte sich in Untersuchungen von GÜTTE et al. (1978) mit steigender Energieversorgung ein Anstieg der mittleren täglichen Zunahme, der Schlachtausbeute, der Rückenspeckdicke und des Fett/Fleisch-Verhältnisses. Gleichzeitig verringerte sich der Energieaufwand pro kg Lebendmassezunahme.

UNSHELM et al. (1974) berichten, daß sich neben den bereits erwähnten Veränderungen des Schlachtkörpers auch die Kotelettfäche und der intramuskuläre Fettgehalt vergrößerten. Ein höherer Gesamtnährstoffgehalt der verfütterten Ration hatte höhere pH₂₄-Werte und niedrigere Göfo-Werte zur Folge.

Auch FÜRST und BERSCHAUER (1981) fanden bei steigender Fütterungsintensität zunehmende Verfettung des Schlachtkörpers. Entsprechend ergab sich in Versuchen von HÜTTMANN (1979) bei verlängerter Mast, die durch restriktive Fütterung bedingt war, ein verringerter Fettansatz der Tiere.

CROMWELL et al. (1978) stellten einen Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt im Futter und der Schlachtkörperbeschaffenheit fest. Bei höherem Proteingehalt des Futters wiesen die Schlachtkörper weniger Rückenspeck und größere Querschnittsflächen des M. longissimus dorsi auf als bei geringerem Proteingehalt.

Jüngste Untersuchungen (SRIPROMMA, 1984) zeigten, daß sich bei einem Proteingehalt im Futter von 17,2% die Schlachtkörperzusammensetzung von Schweinen im Hinblick auf das Fleisch/

Fett-Verhältnis und die Größe der Kotelettfläche mit steigender Fütterungsintensität verschlechtert. Bei einem Proteingehalt von 19,2% im Futter war die Schlachtkörperzusammensetzung günstiger, es zeigte sich jedoch keine Abhängigkeit mehr von der Fütterungsintensität.

Auch beim Rind konnten nach restriktiver Fütterung keine signifikanten Einflüsse auf die Schlachtkörperzusammensetzung oder den Zellgehalt des Muskels festgestellt werden. Die restriktiv gefütterten Tiere wiesen lediglich mehr Fett im Fleisch auf (TRENKLE et al., 1978).

Dagegen berichten andere Autoren (STAUN, 1963; MILLER et al., 1975; KOLB, 1977), daß schneller wachsende Schweine mehr und kleinere Fasern haben als langsam wachsende.

Schon MC MEEKAN (1940) untersuchte die Auswirkung der Fütterungsintensität bei Schweinen nach der 16. Lebenswoche und stellte fest, daß bei intensiv gefütterten Tieren die Muskelfasern einen geringeren Querschnitt hatten als bei restriktiv gefütterten. Unterschiedliche Fütterungsintensitäten vor der 16. Lebenswoche hingegen zeigten in seinen Versuchen keine Auswirkungen auf die Ausbildung der Muskelfasergröße.

Demgegenüber kamen HOWARTH und BALDWIN (1978) bei Versuchen mit Ratten zu dem Ergebnis, daß die Zellgröße nur durch starke Futterrestriktion verkleinert wurde.

2.3 CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VON SCHWEINEFLEISCH

2.3.1 ROHNAHRSTOFFE

Für die Beurteilung des Nährstoffgehaltes von Lebensmitteln kann man die Nährstoffe mit Hilfe der Weender-Analyse erfassen.

Mit zunehmendem Alter nimmt der relative Wassergehalt des Tierkörpers und der einzelnen Gewebe ab, während der Fettanteil zunimmt. Auch im Eiweiß- und Aschegehalt sind geringe Abnahmen zu verzeichnen (MEZINCESCU und STRUGALI, 1958).

GRAU (1968) gibt für die chemische Zusammensetzung des vom Fett befreiten Koteletts schlachtreifer Schweine folgende Mittelwerte an: 72,44% Wasser, 1,12% Asche, 4,52% Fett und 21,92% Eiweiß.

Über die Fütterungsintensität und über den Eiweiß- und Aminosäuregehalt des Futters läßt sich der Gehalt des Schlachtkörpers an Fett, Protein und Wasser beeinflussen.

Dies gilt jedoch in unterschiedlichem Maße.

So weisen Untersuchungen von CROMWELL et al. (1978) über den Protein- und Fettgehalt des *M. longissimus dorsi* darauf hin, daß über den Energiegehalt des Futters die Muskelzusammensetzung nicht so stark beeinflußt wird wie über den Proteingehalt.

Eiweißmangel führt zu wässrigem Fleisch (FÜRST und BERSCHAUER, 1981). Durch Erhöhung der Proteinzufuhr bis etwa 18,2% Rohprotein im Futter verbessert sich die Stickstoffretention bei gleichzeitiger Abnahme des Fettansatzes (WENK, 1973).

Der Gehalt des Futters an einzelnen Aminosäuren wirkt sich erst dann auf die Schlachtkörperzusammensetzung aus, wenn ein Minimalgehalt an Rohprotein (12-14%) überschritten wird (HÜTTMANN, 1979). Ist dies aber der Fall, so führt bereits der Mangel einzelner essentieller Aminosäuren zu vermindertem täglichen Eiweißansatz und gesteigertem Fettansatz, wobei

beim Schwein Lysin und Methionin die erstlimitierenden Aminosäuren sind (FISHER and SHAPIRO, 1961; KIRCHGESSNER et al., 1984).

Mit zunehmender Energieversorgung steigt zunächst der Proteinansatz bis zu einem Maximalwert; von da an findet ein vermehrter Fettansatz innerhalb und außerhalb des Depots statt (WENK, 1973).

Der erhöhte Fettgehalt im Fleisch bedingt eine relative Abnahme an Rohwasser und Rohprotein (GÜTTE et al., 1978).

2.3.2 PROTEIN

Etwa 85% des Stickstoffs im Skelettmuskel ist in den Proteinen enthalten, der Rest entfällt auf den sog. Nichtproteinstickstoff (YOUNG, 1970).

Die Proteinsubstanzen lassen sich in die Muskeleiweißstoffe (sarkoplasmatisch und fibrillär) und in die Bindegewebs-eiweißstoffe (Kollagen, Elastin, Reticulin) unterteilen.

Auf Grund ihrer genetisch bestimmten Zusammensetzung zeigen die Proteine des Muskels im physiologischen Zustand charakteristische Aminosäurenmuster.

DVORAK (1980) rechnet den Muskel zu den Geweben, in denen der Bindegewebs- bzw. Kollagenanteil stark variieren kann. Über Hydroxyprolin, einer für Kollagen typischen Aminosäure, sind Rückschlüsse auf den Bindegewebsgehalt eines Muskels möglich.

Einige Autoren berichten von einer Abhängigkeit des Aminosäuregehaltes und -musters im Fleisch von der Fütterung:

HÖLLER und HILL (1962) fanden nach langdauernder einseitiger Kartoffelfütterung eine Abnahme aller essentiellen Aminosäuren außer Phenylalanin zugunsten eines Anstiegs der nicht-essentiellen Aminosäuren, wobei der Gesamtaminosäurenstickstoff gleich blieb. Dieses Ergebnis kam nicht durch eine Zunahme des Bindegewebes zustande; die Autoren hielten des-

halb eine Verschiebung im Bereich der freien Aminosäuren für möglich.

GULY (1980) berichtete, daß sich durch die Änderung der quantitativen Verhältnisse zwischen den Aminosäuren im Futter die Rate der Proteinbiosynthese sowie die Primärstruktur und die Eigenschaften der neu synthetisierten Proteine änderten.

In Versuchen von KIRCHGESSNER et al. (1984) zeigte sich, daß sich der Aminosäurenansatz im Tierkörper mit höherer Proteinzufuhr und besserer Proteinqualität der Diät erhöhte, wobei die Summe der essentiellen Aminosäuren deutlich stärker anstieg als die Summe der nichtessentiellen Aminosäuren.

HOLSTEIN et al. (1985) fanden, daß eine höhere Nährstoffkonzentration im Futter die Menge an essentiellen und nichtessentiellen Aminosäuren im Rohprotein erhöhte. Das Verhältnis der Aminosäuren untereinander blieb jedoch unverändert.

2.3.3 NPN-SUBSTANZEN

Die NPN-Substanzen umfassen die freien Aminosäuren, Creatin und Creatinin, Dipeptide, Amine, Purin- und Pyrimidinbasen und deren Abbauprodukte sowie einige weitere, mengenmäßig unbedeutende Substanzen.

Creatin dient in phosphorylierter Form im Muskel als Energiespeicher. Die Höhe des Creatinspiegels im Muskel ist unmittelbar vom Funktionszustand des Muskels abhängig. Das Anhydrid des Creatins, Creatinin, wird über die Nieren ausgeschieden. DAHL (1963) gibt den Creatin Gehalt im mageren Schweinemuskel mit 2,56% des Gesamteiweißes an, CREMER-MAINZ und FUHR-HAMBURG (1953) mit 473-495 mg%. Für die Entwicklung des typischen Fleischgeschmacks sind Creatin und Creatinin ein wichtiger Faktor (MACY, 1970).

Zu den Dipeptiden gehört neben Stoffen wie Carnosin, Carnitin und Anserin der Harnstoff. Als Endprodukt des Eiweißstoffwechsels der Säuger dient er der Stickstoffausscheidung aus

dem Organismus. Die Konzentration im Blut schwankt zwischen 10 und 70 mg/100 ml (HERRMANN and SCHNEIDER, 1981). Nach Aufnahme einer proteinhaltigen Ration erhöht sich zunächst die Blutharnstoffkonzentration und sinkt dann kontinuierlich ab. Als gut wasserlösliche und membrangängige Substanz ist Harnstoff in entsprechenden Konzentrationen auch im Muskelwasser zu erwarten. KIRCHGESSNER et al. (1984) berichten von einer reziproken Beziehung zwischen dem Harnstoffgehalt im Serum und der Stickstoffverwertung.

Die Purin- und Pyrimidinbasen sind Bausteine der Nukleinsäuren oder kommen als sog. freie Basen vor. Die DNS ist hauptsächlich im Zellkern und zu einem geringen Teil in den Mitochondrien lokalisiert, während die verschiedenen Formen der RNS in der ganzen Zelle vorkommen.

Im Laufe des Wachstums sinkt die DNS-Konzentration des Muskels infolge der Größenzunahme der Zellen, während die RNS-Konzentration zu Beginn des Wachstums steigt und dann allmählich abfällt (TSAI et al., 1973). Einige Autoren sprechen von einem konstanten Verhältnis von RNS zu DNS für die jeweiligen Organe (MUNRO and GRAY, 1969; WINICK and NOBLE, 1965).

Nach HOWARTH and BALDWIN (1971) wird durch die Menge und Aktivität der RNS die Muskelproteinsynthese bestimmt. In den roten Muskelfasern ist der RNS-Gehalt höher als in den weißen Muskelfasern (GOLDBERG, 1967; MUNRO and GRAY, 1969; YOUNG, 1970). Eiweißmangel senkt den RNS-Gehalt (VENDRELY, 1955).

TSAI et al. (1973) geben eine mittlere DNS-Konzentration im M. longissimus dorsi von 16 Wochen alten Schweinen von etwa 35 mg/100 g Gewebe an sowie eine RNS-Konzentration von 150 mg/100 g Gewebe. LAHUCKY et al. (1983) geben die Gesamtmenge der Nukleinsäuren in Biopsieproben des M. longissimus dorsi von Schweinen mit 400 mg/100 g Muskel an.

Unter die freien Basen rechnet man sowohl die stickstoffhaltigen Bausteine der Nukleinsäuren als auch deren Abbauprodukte. Hier sind vor allem Hypoxanthin, Inosin und die Harnsäure zu erwähnen (SAVAIANO et al., 1983).

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 UNTERSUCHTE TIERE

Die Untersuchungen wurden an 24 männlichen, kastrierten Schweinen vorgenommen (♀ DL x ♂ Duroc). Die Tiere stammten aus einem SPF-Zuchtbetrieb und wurden nach dem Absetzen (drei bis vier Wochen alt, ca. sechs Kilogramm Lebendmasse) gekauft. Um genetische Unterschiede in der Entwicklung möglichst gering zu halten, waren beim Züchter jeweils drei Wurfgeschwister zusammengestellt worden.

Da jedoch die Wurfzugehörigkeit wegen der undeutlichen Tätowierung nach dem Transport nicht mehr festzustellen war, wurden die Tiere nach einer Woche mit durchlaufenden Nummern von eins bis vierundzwanzig neu tätowiert.

Bis zum Gewicht von 20 kg Lebendmasse waren je drei Tiere gemeinsam in einer Bucht untergebracht (Dänische Aufstallung, Teilspaltenboden mit Einstreu, eine Nippeltränke pro Bucht, klimatisierter Stall).

Das pelletierte Fertigfutter (Ferkelaufzuchtfutter II, Normtyp) wurde rationiert (Trogfütterung) in gleichen Mengen an alle Tiere verabreicht.

Bei Erreichen der Lebendmasse von 20 kg wurden die Tiere in den Versuch genommen.

Tabelle 1: NÄHRSTOFFGEHALT DER HOCHENERGIERATION

(nach DLG-Futterwerttabelle)

	Trocken- substanz (g/kg)	Rohasche (g/kg)	verd. Roh- protein (g/kg)	Rohfett (g/kg)	N-freie Ex- traktstoffe (g/kg)	Umsetzbare Energie (MJ/kg)
40% Soja- schrot	351,6	23,6	158,0	3,6	115,5	5,19
10% Mais	87,4	1,5	7,5	4,1	70,6	1,41
29,5% Weizen- schrot	256,6	5,3	31,0	5,0	204,6	4,06
1% Sojaöl	10,0	-	-	10,0	-	0,36
6% Schweine- schmalz	59,9	-	-	59,9	-	2,08
9% Mais- stärke	78,5	-	-	0,1	77,8	1,32
4,5% Mineral- stoffe, Vitamine, Spuren- elemente	45,0	32,0	-	-	-	-
	889,0	62,4	206,5	82,7	468,5	14,42

Tabelle 2: NAIKSTOFFGEHALT DER NIEDERENERGIERATION

(nach DLG-Futtermertabelle)

	Trocken- substanz (g/kg)	Rohasche (g/kg)	verd.Roh- protein (g/kg)	Rohfett (g/kg)	Rohfaser (g/kg)	N-freie Ex- traktstoffe (g/kg)	Umsetzbare Energie (MJ/kg)
40% Soja- schrot	351,6	23,6	158,0	3,6	23,6	115,4	5,19
10% Mais	87,4	1,5	7,5	4,1	2,4	70,6	1,41
29,5% Weizen- schrot	256,6	5,3	31,0	5,0	7,4	204,6	4,06
1% Sojaöl	10,0	-	-	10,0	-	-	0,36
5% Trocken- schnitzel	45,3	2,5	2,0	0,2	9,0	31,4	0,42
10% Hafer- schalen	92,9	5,1	0,9	1,0	23,4	51,0	0,52
4,5% Mineral- stoffe, Vitamine, Spuren- elemente	45,0	32,0	-	-	-	-	-
	888,8	70,0	209,4	32,6	65,8	473,0	11,96

3.2 VERSUCHSPLANUNG UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

3.2.1 HALTUNG UND FÜTTERUNG

Bei Erreichen der Lebendmasse von 20 kg wurden die Tiere in drei Gruppen zu je acht Tieren eingeteilt. Dabei wurde jedem Tier der ersten Gruppe von Versuchsbeginn an jeweils ein Vergleichstier aus den beiden anderen Gruppen zugeordnet, das bis zum Versuchsbeginn eine möglichst ähnliche Gewichtsentwicklung gezeigt hatte.

Die Tiere wurden nun einzeln und ohne Einstreu, ansonsten wie oben beschrieben, aufgestellt und erhielten die jeweilige Diät auf zwei Mahlzeiten verteilt.

Es wurden zwei verschiedene Rationen pelletiert verabreicht, die sich im Rohfaser-, Rohfett- und Energiegehalt unterschieden, ansonsten nahezu gleich zusammengesetzt waren (s. Tabelle 1 und 2).

Der hohe Energiegehalt der ersten Ration (14,4 MJ umsetzbare Energie/kg Futter, im folgenden als Hochenergie-ration bezeichnet) wurde durch den Zusatz von Schweineschmalz und Maisstärke erzielt. Diese beiden Komponenten waren in der zweiten Ration (12 MJ umsetzbare Energie/ kg Futter, im folgenden als Niederenergie-ration bezeichnet) durch Trockenschnitzel und Hafer-schalen ersetzt; dadurch ergab sich der hohe Rohfasergehalt.

Die acht Tiere der ersten Gruppe erhielten die Hochenergie-ration ad libitum. Der nicht verzehrte Anteil der (zuvor abgewogenen) jeweils zugeteilten Futtermenge wurde nach der Mahlzeit zurückgewogen. Die zugehörigen Tiere der zweiten und dritten Gruppe erhielten am nächsten Tag die gleiche Futtermenge an Niederenergie-ration zugeteilt wie die Hochenergie-tiere am Vortag verzehrt hatten. Wasser wurde ad libitum aufgenommen.

Dieses Fütterungssystem wurde gewählt, um zu gewährleisten, daß die Tiere den niedrigeren Energiegehalt der Niederenergie-ration nicht durch Aufnahme größerer Futtermengen kompensierten.

3.2.2 SCHLACHTUNG UND PROBENENTNAHME

In regelmäßigen Abständen wurde während des Versuchs das Gewicht der Schweine kontrolliert.

Nachdem die Hochenergie-Tiere eine Lebendmasse von 100 kg erreicht hatten, wurde jeweils ein Hochenergie-Tier zusammen mit dem bereits bei Versuchsbeginn zugeordneten Niederenergie-Tier der zweiten Gruppe (im folgenden als Niederenergie/kurz bezeichnet), das zu diesem Zeitpunkt die Lebendmasse von etwa 80 kg erreicht hatte, geschlachtet.

Die Niederenergie-Tiere der dritten Gruppe wurden bis zur Lebendmasse von 100 kg weitergefüttert und dann ebenfalls geschlachtet (im folgenden Niederenergie/lang).

Die Schlachtung, die Probenentnahme sowie die Bestimmung der Schlachtkörperparameter Schlachtkörpermasse, Rücken- und Seitenspeckdicke, Bauchpunkte, Fleischhelligkeit, pH_{45} und pH_{24} , Fleischanteil (mit Fat-o-Meater, SFK Hvidorre, Dänemark sowie mit SKG-Gerät, J. Breitsameter, Aichach, Deutschland), Schinkengewicht, Kotelettfläche und die Handelsklasseneinstufung wurden in der Schlachthalle der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub bei München durchgeführt.

Der Transport der Schweine dorthin dauerte ca. 45 min; danach ließ man bis zur Schlachtung etwa zwei Stunden Zeit vergehen, damit sich die Tiere beruhigen konnten.

Ca. eine Stunde nach der Schlachtung wurde aus dem *M. longissimus dorsi* ein zusammenhängendes Stück zwischen der zwölften und fünfzehnten Rippe entnommen. Die Kotelettfläche wurde auf eine Klarsichtfolie aufgezeichnet und später planimetrisch bestimmt.

Nach Entfernung von Knochen, Binde- und Fettgewebe wurde ein Teil des Muskelstücks homogenisiert (Moulinette, Krups), in Portionen verpackt und in flüssigem Stickstoff tiefgefroren. Ein anderer Teil wurde in ganzen Stücken belassen und ebenfalls tiefgefroren. Ein nicht homogenisiertes Stück wurde für die histologischen Untersuchungen fixiert.

Bis zur Analyse wurden die Proben bei Temperaturen von -20° bzw. -80°C (für die Nukleinsäurenbestimmung) aufbewahrt.

3.3 ANALYTISCHE METHODEN

Alle Analysen wurden als Doppelbestimmungen aus den Koteletts durchgeführt. Die verwendeten Reagenzien wurden, wenn nicht ausdrücklich erwähnt, von Merck, Darmstadt, bezogen und waren von p.A. Qualität.

3.3.1 ROHNAHRSTOFFANALYSEN

TROCKENSUBSTANZBESTIMMUNG

Die Trockensubstanz wurde durch Trocknung der homogenisierten Fleischproben bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz (ca. 17 h) ermittelt.

ROHPROTEINBESTIMMUNG

Die Stickstoffbestimmung wurde nach der von SCALES und HARRISON (1920) beschriebenen modifizierten Kjeldahlmethode durchgeführt.

Das Fleisch wurde mit einem Gemisch aus konzentrierter Schwefelsäure und Phosphorsäure (20:1) naß verascht, wobei ein Gemisch aus Kaliumsulfat und Selen (Kjel-tabs, Tecator, Höganäs, Schweden) als Katalysator diente.

Laugenzugabe und Destillation in eine Borsäurevorlage erfolgten durch eine halbautomatische Apparatur (Kjeltec System II, Tecator). Titriert wurde mit 0,1 N Schwefelsäure. In Abwandlung des von SCALES und HARRISON beschriebenen Verfahrens wurde mit Tashiroindikator gearbeitet.

Aus den so ermittelten Stickstoffwerten wurde durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 der Rohproteingehalt der Fleischproben errechnet.

ROHFETTBESTIMMUNG

Für die Rohfettbestimmung wurden ca. 14 g der homogenisierten Proben mit 30 g Seesand vermischt und bei 104°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (ca. 6 h). Die Extraktion des Fettes aus den getrockneten Proben erfolgte mit Dichlormethan nach der Methode von SOXHLET (1897).

3.3.2. NUKLEINSAURENBESTIMMUNG

Die Nukleinsäurenbestimmung wurde mit leichten Modifikationen nach der von TIEMEYER und GIESECKE (1980) entwickelten Methode auf der Ebene der Nukleoside über Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) durchgeführt. Die Berechnung der jeweiligen DNA- und RNA-Menge ergab sich aus der Summe der jeweiligen Nukleotide.

Probenaufbereitung (Extraktion)

Eine Portion des tiefgefrorenen Fleisches wurde mit flüssigem Stickstoff zermörsert; 1 g des pulverisierten Muskels wurde 30 min in 10 ml Puffer (0,1 mol/l NaCl, 0,01 mol/l Tris/HCl pH 7,8 1% g/v SDS) suspendiert. Diese Lösung wurde 30 min mit 10 ml Chloroform/n-Pentanol (24+1) geschüttelt und anschließend 30 min bei 10000 g/min und 4°C zentrifugiert (Zentrifuge: 3K-1, Sigma). Der Überstand wurde abpipettiert und die Extraktion zweimal wiederholt.

RNA

2 ml des bei der Extraktion erhaltenen Überstandes wurden mit 1 ml 1 molarer NaOH 40 min bei 80°C im Wasserbad erhitzt. Nach dem Abkühlen wurden 0,9 ml Na-Acetat zugegeben, die Lösung auf einen pH-Wert von 8,8 eingestellt und auf 10 ml aufgefüllt. 100 µl dieser Lösung wurden mit 20 µl Alkalischer Phosphatase (aus E. coli) 4 Stunden bei 37°C im Wasserbad inkubiert. Anschließend wurden die Nukleoside über HPLC getrennt.

DNA

100 µl des bei der Extraktion erhaltenen Überstandes wurden mit 100 µl Puffer (0,01 mol/l Tris/HCl pH 9,4), 20 µl Alkalischer Phosphatase (s.o.), 10 µl Phosphodiesterase (aus Schlangengift), 5 µl 0,6 mol/l $MgCl_2$ und 50 µl DNase (aus Rinderpankreas) 4 Stunden bei 37°C im Wasserbad inkubiert; anschließend wurden die Nukleoside über HPLC getrennt. Wegen des äquimolaren Vorkommens der komplementären Basen wurden nur Desoxyguanosin und Desoxythymidin bestimmt, die komplementären Basen wurden rechnerisch ermittelt.

Freie Basen

Zur Trennung der freien Basen wurde der Überstand aus der Extraktion unbehandelt ins HPLC-System eingespritzt.

Vor dem Einspritzen ins HPLC-System wurden alle Proben in Eppendorfcaps zu gleichen Teilen mit Chloroform geschüttelt und anschließend in einer Tischzentrifuge (5413, Eppendorf) 15 min bei 11000 g/min zentrifugiert, um möglicherweise vorhandenes Protein zu entfernen, das Analytik und Apparatur gestört hätte.

Das einfache isokratische HPLC-System bestand aus den Einheiten Pumpe, Injektionsventil, Trennsäule, UV-Detektor und Integrator.

Pumpe (Modell 6000 A) und Detektor (Modell 440) stammten von Waters Associates Inc. Massachusetts, USA; das Injektionsventil (7120) stammte von Rheodyne Inc. Berkeley, USA; als Integrator wurde das Modell 3380 A von Hewlett Packard, USA, verwendet. Als Trennsäule für die Nukleoside diente eine Hibar Fertigsäule RT, 250-4 (LiChrosorb RP-18, 7µm) von Merck, Darmstadt. Die freien Basen wurden an zwei hintereinander geschalteten, je 25 cm langen Säulen (ODS II, Sphaerisorb, 5 µm) von Bischoff, Leonberg, getrennt.

Die mobile Phase bestand aus 0,1 molarem $\text{NH}_4 (\text{H}_2\text{PO}_4)$ pH 4,0 mit Zusatz von 10% Methanol bei der DNS- und 2% Methanol bei der RNS-Bestimmung. Bei der Bestimmung der freien Basen bestand die mobile Phase aus 0,01 molarem $\text{NH}_4 (\text{H}_2\text{PO}_4)$ pH 7,5 mit Zusatz von 5% Methanol. Die Flußrate betrug jeweils 1 ml/min. Die Absorption wurde bei einer Wellenlänge von 254 nm gemessen.

Die Identifikation der Peaks wurde anhand der Retentionszeiten vorgenommen, die Konzentrationen wurden über externe Standards berechnet.

Verwendete Standards

DNS : 2'-Deoxyguanosine (Sigma)	Freie Basen :
2'-Desoxythymidin (Merck)	Uracil (Sigma)
RNS : Adenosin (Sigma)	Cytosine (")
Guanosin (")	Hypoxanthine (")
Uridine (")	Guanine (")
Cytidine (")	Inosin (Merck)

3.3.3 HARNSTOFF- UND AMMONIAKBESTIMMUNG

Die Konzentrationen des Harnstoffs und des Ammoniaks in den Koteletts wurden photometrisch mit einem fertigen UV-Testset von Boehringer, Mannheim, gemessen. Die Proben wurden wie in der Testanleitung beschrieben vorbereitet, allerdings wurde nach dem Einstellen des pH-Wertes 10 min bei 15000 g/min zentrifugiert (Sigma 3K-1), um den Fleischsaft vollständig aus den Muskelfasern zu pressen. Der erhaltene Überstand wurde dann mehrfach ausgewaschen und auf 100 ml aufgefüllt.

3.3.4 CREATIN- UND CREATININBESTIMMUNG

Die photometrische Bestimmung wurde mit Einzelreagenzien von Boehringer, Mannheim, durchgeführt wie in der Arbeitsanleitung Lebensmittelanalytik von BOEHRINGER MANNHEIM (1985) beschrieben.

Die Fleischproben wurden folgendermaßen aufbereitet: 20 g homogenisierten Muskels wurden mehrmals mit Wasser von 60°C über ein Faltenfilter extrahiert. Die extrahierte Probelösung wurde auf 200 ml aufgefüllt, 10 ml davon mit 10 ml 1 N Perchlorsäure zur Eiweißfällung versetzt und das gefällte Eiweiß abfiltriert. 15 ml des Filtrats wurden mit 2 N KOH neutralisiert und auf 50 ml aufgefüllt. Zur Ausfällung des Kaliumperchloratniederschlags wurde die Probelösung 20 min ins Eisbad gestellt und anschließend nochmals filtriert.

Alle photometrischen Messungen wurden an einem Spectrophotometer (Modell 24, Beckmann, USA) bei 340 nm durchgeführt.

3.3.5 HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die Fleischproben wurden nach den üblichen Methoden fixiert und nach H.E.-, ATPase- und SDH-Färbung am Lehrstuhl für Histologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München licht- und elektronenmikroskopisch untersucht.

4 ERGEBNISSE

Alle statistischen Prüfungen wurden mit dem U-Test (Mann-Whitney-Wilcoxon) durchgeführt.

4.1. MAST- UND SCHLACHTLEISTUNGEN

Im Durchschnitt erreichten die Hochenergie-Tiere das Mastendgewicht von 99,8 kg in 87 Tagen bei einer Futterverwertung von 2,15 kg Futter pro kg Lebendmassezunahme.

Die gleichzeitig geschlachteten Niederenergie/kurz-Tiere hatten bis zu diesem Zeitpunkt eine mittlere Lebendmasse von 82,6 kg bei einer Futterverwertung von 2,67 kg erreicht. Um ebenfalls das Mastendgewicht (99,5 kg) zu erreichen, benötigten die Niederenergie/lang-Tiere durchschnittlich 108 Tage ($p \leq 0,01$) bei einer Futterverwertung von 2,83 kg ($p \leq 0,01$).

Die mittleren täglichen Zunahmen betrugen in der Hochenergie-Gruppe 916 g, in der Niederenergie/kurz-Gruppe 721 g und in der Niederenergie/lang-Gruppe 744 g ($p \leq 0,01$).

Die durchschnittliche Schlachtkörpermasse entsprach mit 80,8 kg einem Anteil von 81% der Lebendmasse der Hochenergie-Tiere, mit 64,2 kg einem Anteil von 78% der Lebendmasse der Niederenergie/kurz-Tiere und mit 78,9 kg einem Anteil von 80% der Niederenergie/lang-Tiere.

Bei der Handelsklasseneinteilung wurden die Hochenergie-Tiere im Durchschnitt eine Klasse tiefer (III) eingestuft als die Niederenergiegruppen (II).

Die Rückenspeckdicke (Widerrist/Mitte/Lende) lag bei den Hochenergiетieren (4,3/2,9/2,9 cm) deutlich ($p \leq 0,01$) über der der Niederenergie/kurz-Tiere (3,6/1,6/1,2 cm) und der der Niederenergie/lang-Tiere (3,6/1,9/1,8 cm), ebenso die Seitenspeckdicke (Hochenergie : 3,8 cm; Niederenergie/kurz: 1,6 cm; Niederenergie/lang: 2,8 cm).

Die Messung der Fleischhelligkeit ergab für die Hochenergie-Tiere im Mittel 58, für die Niederenergie/kurz-Tiere 64 und für die Niederenergie/lang-Tiere 65 GÖFO-Einheiten.

Alle drei Gruppen zeigten 45 min nach der Schlachtung einen mittleren pH-Wert im Kotelett von 6,44, der nach 24 Stunden durchschnittlich auf 5,55 abgesunken war.

Der pH-Wert im Schinken sank in derselben Zeit im Mittel von 6,59 auf 5,81 ab.

Bei der Verteilung der Bauchpunkte erhielten die Hochenergie-Tiere im Durchschnitt 2, die Niederenergie/kurz-Tiere 4 und die Niederenergie/lang-Tiere 3 Punkte.

Bei der Bestimmung mit dem FOM-Gerät lag der Fleischanteil der Hochenergie-Tiere mit 46,2% unter dem der Niederenergie/kurz-Tiere mit 54,4% und dem der Niederenergie/lang-Tiere mit 50,7% ($p \leq 0,05$).

Bei der Bestimmung mit dem SKG-Gerät lag der durchschnittliche Fleischanteil der Hochenergie-Tiere bei 49,5% und damit unter dem der Niederenergie/kurz-Tiere mit 56,4% und dem der Niederenergie/lang-Tiere mit 54,4% ($p \leq 0,01$).

Das mittlere Schinkengewicht entsprach bei den Hochenergie-Tieren mit 12,44 kg einem Anteil von 0,15% des Schlachtgewichtes, bei den Niederenergie/kurz-Tieren mit 10,22 kg einem Anteil von 0,16% des Schlachtgewichtes und bei den Niederenergie/lang-Tieren mit 12,33 kg einem Anteil von 0,16%.

Die Kotelettfläche der Hochenergie-Tiere war im Durchschnitt 37,91 cm² groß, die der Niederenergie/kurz-Tiere 33,24 cm² und die der Niederenergie/lang-Tiere 39,24 cm².

Tabelle 3: MASTERGEBNISSE

	Hochenergie n=8	Niederenergie kurz n=8	Niederenergie lang n=8
Mastdauer (Tage)	87+ <u>7</u> ,6 a*	87+ <u>7</u> ,6 a*	108+ <u>7</u> ,5 b*
Mastanfangs- gewicht (kg)	20,1+ <u>0</u> ,35 a*	20,1+ <u>0</u> ,49 a*	20,1+ <u>0</u> ,49 a*
Mastendge- wicht (kg)	99,8+ <u>1</u> ,18 a*	82,6+ <u>4</u> ,10 b*	99,5+ <u>2</u> ,66 a*
mittlere tägliche Zunahme (g)	916+ <u>59</u> ,8 a*	721+ <u>76</u> ,2 b*	744+ <u>72</u> ,1 b*
Futtermitt- wertung (kg Futter/ kg Zunahme)	2,15+ <u>0</u> ,069a*	2,67+ <u>0</u> ,152b*	2,83+ <u>0</u> ,238b*

*unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile weisen auf statistisch signifikante Unterschiede hin ($p \leq 0,01$, U-Test)

Tabelle 4: SCHLACHTERGESULTNISSE

	Hochenergie n=8	Niederenergie kurz n=8	Niederenergie lang n=8
Schlachtkörper- masse (kg)	80,8 $\pm$ 2,58 a*	64,2 $\pm$ 3,92 b*	78,2 $\pm$ 3,74 a*
Handelsklasse	III	II	II
Rückenspeck (cm)			
Widerrist	4,3 $\pm$ 0,35 a*	3,2 $\pm$ 0,26 b*	3,6 $\pm$ 0,66 c*
Mitte	2,9 $\pm$ 0,32 a*	1,6 $\pm$ 0,13 b*	1,9 $\pm$ 0,35 c*
Lende	2,9 $\pm$ 0,53 a*	1,2 $\pm$ 0,28 b*	1,8 $\pm$ 0,84 c*
Seitenspeck(cm)	3,8 $\pm$ 0,98 a*	2,0 $\pm$ 0,42 b*	2,8 $\pm$ 0,70 c*
Göfo	58 $\pm$ 11,5 a	64 $\pm$ 5,7 a	65 $\pm$ 2,4 a
Kotelett	6,43 $\pm$ 0,36 a	6,46 $\pm$ 0,40 a	6,30 $\pm$ 0,31 a
pH ₄₅			
pH ₂₄	5,55 $\pm$ 0,06 a	5,56 $\pm$ 0,09 a	5,52 $\pm$ 0,06 a
Schinken			
pH ₄₅	6,40 $\pm$ 0,36 a	6,61 $\pm$ 0,20 a	6,68 $\pm$ 0,24 a
pH ₂₄	5,80 $\pm$ 0,13 a	5,90 $\pm$ 0,21 a	5,74 $\pm$ 0,19 a
Bauchpunkte	2 $\pm$ 2,3 a	4 $\pm$ 0,7 a	3 $\pm$ 1,6 a
Fleischanteil(%)			
FOM	46,2 $\pm$ 2,97 a*	54,5 $\pm$ 1,82 b*	50,7 $\pm$ 2,61 c*
SKG	49,5 $\pm$ 2,14 a*	56,4 $\pm$ 3,21 b*	54,4 $\pm$ 2,41 b*
Schinkengewicht (kg)	12,44 $\pm$ 0,54 a*	10,22 $\pm$ 0,85 b*	12,33 $\pm$ 0,81a*
Schinkenanteil am Schlacht- körper (%)	15,17 $\pm$ 0,004a*	15,83 $\pm$ 0,004c*	15,62 $\pm$ 0,005a*
Kotelettfläche (cm ²)	37,91 $\pm$ 3,39 a	33,24 $\pm$ 4,70 a	39,32 $\pm$ 6,26 a

*unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile weisen auf statistisch signifikante Unterschiede hin (U-Test; a,b: $p \leq 0,01$; a,c: $p \leq 0,05$; b,c: keine Signifikanz).

4.2 CEMISCHE UNTERSUCHUNGEN (s. Tabellen 5 und 6)

Die Trockensubstanzbestimmungen ergaben nur geringe Unterschiede zwischen den Gruppen; durchschnittlich enthielten die Fleischproben 25,5% in der Hochenergie-Gruppe, 25,3% in der Niederenergie/kurz-Gruppe und 25,6% in der Niederenergie/lang-Gruppe.

Der Rohproteingehalt der Proben unterschied sich ebenfalls nur geringfügig und lag im Gruppenmittel der Hochenergie-Tiere bei 22,24%, der Niederenergie/kurz-Tiere bei 22,34% und der Niederenergie/lang-Tiere bei 22,65%.

Der Rohfettgehalt lag durchschnittlich in der Hochenergie-Gruppe etwas höher (1,99%) als in den beiden anderen Gruppen (Niederenergie/kurz: 1,84%; Niederenergie/lang: 1,89%).

Für den Harnstoff- und Ammoniakgehalt pro 100 g Fleisch lagen die Mittelwerte in der Hochenergie-Gruppe bei 31,22 mg und 12,33 mg, in der Niederenergie/kurz-Gruppe bei 28,24 mg und 12,55 mg und in der Niederenergie/lang-Gruppe bei 32,35 mg und 13,92 mg.

Beim Creatingehalt sind deutliche Unterschiede zwischen Hochenergie- (507,6 mg / 100 g Fleisch) und Niederenergie/lang-Tieren (553,1 mg / 100 g Fleisch) festzustellen ($p \leq 0,01$). Die Niederenergie/kurz-Tiere hatten eine mittlere Creatinkonzentration von 529,3 mg / 100 g Fleisch.

Creatinin ist nicht bzw. nur in Spuren nachzuweisen.

Im DNS-Gehalt lag die Niederenergie/kurz-Gruppe mit durchschnittlich 38,52 mg / 100 g Fleisch über der Hochenergie-Gruppe mit 35,52 mg und der Niederenergie/lang-Gruppe mit 34,56 mg.

Auch der mittlere RNS-Gehalt lag bei den Niederenergie/kurz-Tieren mit 137,0 mg / 100 g Fleisch am höchsten; in der Niederenergie/lang-Gruppe betrug er 128,0 mg, in der Hochenergie-Gruppe 122,9 mg.

Die Bestimmung der freien Basen ergab für die Hochenergie-Tiere im Mittel 0,55 mg Cytosin, 1,42 mg Uracil, 3,15 mg Hypoxanthin, 10,83 mg Guanin und 14,71 mg Inosin pro 100 g Fleisch.

In der Niederenergie/kurz-Gruppe lagen die Durchschnittswerte bei 0,64 mg Cytosin, 1,13 mg Uracil, 3,24 mg Hypoxanthin, 9,65 mg Guanin und 13,96 mg Inosin pro 100 g Fleisch.

In der Niederenergie/lang-Gruppe lagen die Durchschnittswerte bei 0,39 mg Cytosin, 1,19 mg Uracil, 3,61 mg Hypoxanthin, 11,11 mg Guanin und 14,96 mg Inosin pro 100 g Fleisch.

Tabelle 5: CHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM KOTELETT
(alle Angaben pro 100 g Frischfleisch)

	Hochenergie n=8	Niederenergie kurz n=8	Niederenergie lang n=8
Trocken- substanz (g)	25,5+0,81 a	25,3+0,49 a	25,6+0,60 a
Rohprotein (g)	22,24+0,637 a	22,34+0,454 a	22,65+0,665 a
Rohfett (g)	1,99+0,731 a	1,84+0,294 a	1,89+0,538 a
Harnstoff (mg)	31,22+5,046 a	28,24+4,370 a	32,35+7,807 a
Ammoniak (mg)	12,33+1,209 a	12,55+0,946 a	13,92+2,088 a
Creatin (mg)	507,6+36,02 a *	529,3+23,90 c *	553,1+18,46 b *

*unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile weisen auf statistisch
signifikante Unterschiede hin (a,b: $p \leq 0,01$; b,c: $p \leq 0,05$; a,c:
kein signifikanter Unterschied; U-Test)

Tabelle 6: NUKLEINSÄUREN UND FREIE BASEN (mg/100 g Fleisch)

	Hochenergie n=8	Niederenergie kurz n=8	Niederenergie lang n=8
DNS	35,52 a <u>+5,769</u>	38,52 a <u>+6,396</u>	34,56 a <u>+4,839</u>
RNS	122,9 a <u>+20,90</u>	137,0 a <u>+24,17</u>	128,0 a <u>+19,57</u>
Cytosin	0,55 a <u>+0,449</u>	0,64 a <u>+0,396</u>	0,39 a <u>+0,250</u>
Uracil	1,42 a <u>+0,403</u>	1,13 a <u>+0,311</u>	1,19 a <u>+0,104</u>
Hypoxanthin	3,15 a <u>+0,987</u>	3,24 a <u>+0,669</u>	3,61 a <u>+1,195</u>
Guanin	10,83 a <u>+3,556</u>	9,65 a <u>+1,169</u>	11,11 a <u>+2,797</u>
Inosin	14,71 a <u>+6,363</u>	13,96 a <u>+6,383</u>	14,96 a <u>+5,646</u>

Unterschiedliche Buchstaben in einer Zeile weisen auf statistisch signifikante Unterschiede hin.

Tabelle 7: NUKLEINSAURENKONZENTRATIONEN IM KOTELETT
(mg/100 g), Einzelwerte

	DNS	RNS
Hochenergie	47,94	128,8
	33,46	144,7
	29,15	114,4
	38,48	146,3
	35,76	102,7
	34,00	120,5
	34,47	138,4
	30,87	87,2
	Ø 35,52	Ø 122,9
	+5,769	+20,90
Niederenergie kurz	51,93	138,7
	34,02	169,6
	34,02	118,8
	35,74	137,6
	33,30	91,5
	36,06	134,1
	40,04	160,3
	43,04	145,4
	Ø 38,52	Ø 137,0
	+6,369	+24,17
Niederenergie lang	35,80	134,9
	27,70	140,6
	29,63	128,0
	33,23	151,2
	42,74	89,9
	33,02	110,0
	35,39	140,6
	38,96	128,9
	Ø 34,56	Ø 128,0
	+4,839	+19,57

Tabelle 8: STICKSTOFFKONZENTRATION IN DEN QUANTITATIV ER-
FASSTEN NPN-SUBSTANZEN DES FLEISCHES
(mg N / 100 g Fleisch)

	Hochenergie	Niederenergie kurz	Niederenergie lang
Harnstoff	14,67 <u>+2,371</u>	13,27 <u>+2,054</u>	15,20 <u>+3,669</u>
Ammoniak	10,15 <u>+0,996</u>	10,34 <u>+0,779</u>	11,46 <u>+1,720</u>
Creatin	162,43 <u>+11,526</u>	169,38 <u>+ 7,648</u>	176,99 <u>+ 5,907</u>
DNS	6,04 <u>+0,981</u>	6,55 <u>+1,087</u>	5,88 <u>+0,823</u>
RNS	19,7 <u>+3,34</u>	21,9 <u>+3,87</u>	20,5 <u>+3,13</u>
Freie Basen	9,94 <u>+3,814</u>	9,24 <u>+2,883</u>	10,20 <u>+3,260</u>
	222,93 <u>+23,028</u>	230,68 <u>+18,315</u>	240,23 <u>+18,502</u>

4.3 HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN (s. Abb. 1 bis 3)

Die Auszählung aller Zellkerne im histologischen Schnittbild ergab im Mittel für die Hochenergie-Gruppe 230 Zellkerne, für die Niederenergie/kurz-Gruppe 198 und für die Niederenergie/lang-Gruppe 200 Zellkerne, bezogen auf 100 Zellen.

Differenzierte man die ausgezählten Zellkerne in Muskelfaser- und Bindegewebskerne, so erhielt man pro 100 Muskelzellen in der Hochenergie-Gruppe 153 Zellkerne, in der Niederenergie/kurz-Gruppe 147 Zellkerne und in der Niederenergie/lang-Gruppe 145 Zellkerne.

Die Zahl der Bindegewebskerne im Schnittbild betrug im Mittel in der Hochenergie-Gruppe 68, in der Niederenergie/kurz-Gruppe 48 und in der Niederenergie/lang-Gruppe 50.

Die durchschnittliche Querschnittsfläche der Muskelzellen in der Hochenergie-Gruppe wurde mit $3077 \mu\text{m}^2$ angegeben, in der Niederenergie/lang-Gruppe mit $2901 \mu\text{m}^2$; für die Niederenergie/kurz-Gruppe liegen die Messungen noch nicht vor.

Nach enzymhistochemischer Färbung mit Succinatdehydrogenase (SDH) und ATPase, die zur Differenzierung der Fasertypen im Muskel dienen, ergab sich für die Niederenergie/kurz-Tiere der höchste Anteil an roten (Typ I-) Fasern (11,2%), der höchste Anteil an weißen (Typ IIB-) Fasern (74,9%) sowie der geringste Anteil an intermediären (Typ IIA-) Fasern (13,9%).

In der Hochenergie-Gruppe betrug der Anteil der roten Fasern 11,0%, der Anteil der weißen Fasern 71,5% und der Anteil der intermediären Fasern 17,5%.

Die Niederenergie/lang-Tiere zeigten im Mittel den geringsten Anteil an roten Fasern (10,9%), den geringsten Anteil an weißen Fasern (70,8%) sowie den größten Anteil an intermediären Fasern (18,4%).

Weitere Ergebnisse sind der Arbeit von MATZNER, Institut für Histologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München, Dissertation in Vorbereitung, zu entnehmen.

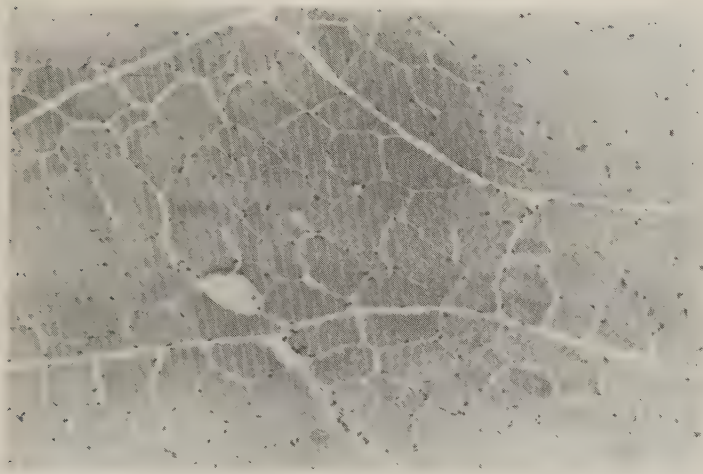


Abb. 1a

Präparat aus der Hochenergie-Gruppe (M. longissimus dorsi, Vergrößerung 10 x 25, Hämalaun-Eosin-Färbung)

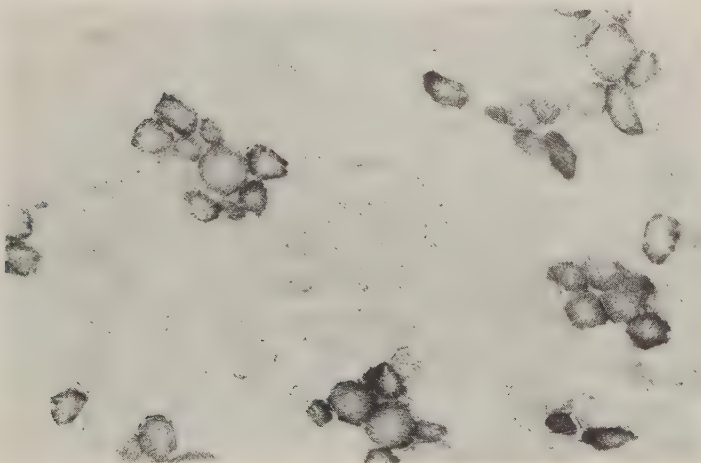


Abb. 1b

Präparat wie oben, SDH-Färbung (rote Muskelfasern sind dunkel angefärbt)

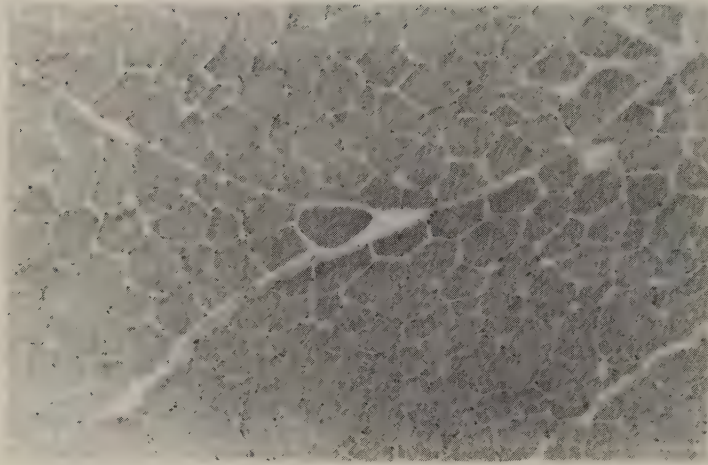


Abb. 2a

Präparat aus der Niederenergie/kurz-Gruppe (*M. longissimus dorsi*, Vergrößerung 10 x 25, Hämalan-Eosin-Färbung)

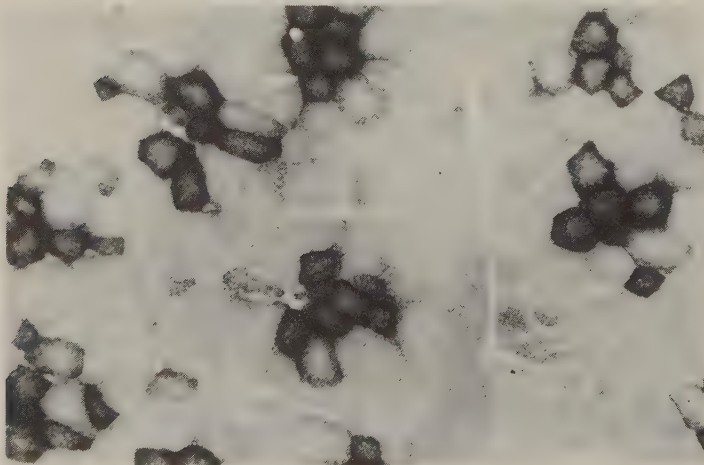


Abb. 2b

Präparat wie oben, SDH-Färbung (rote Muskelfasern sind dunkel angefärbt)

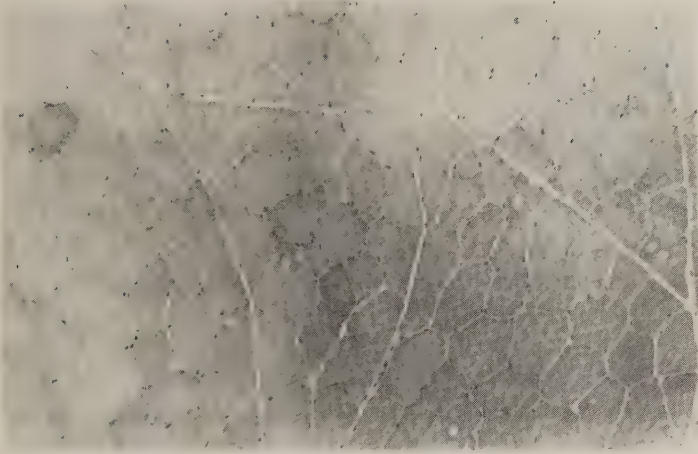


Abb. 3a

Präparat aus der Niederenergie/lang-Gruppe (*M. longissimus dorsi*, Vergrößerung 10 x 25, Hämalaun-Eosin-Färbung)

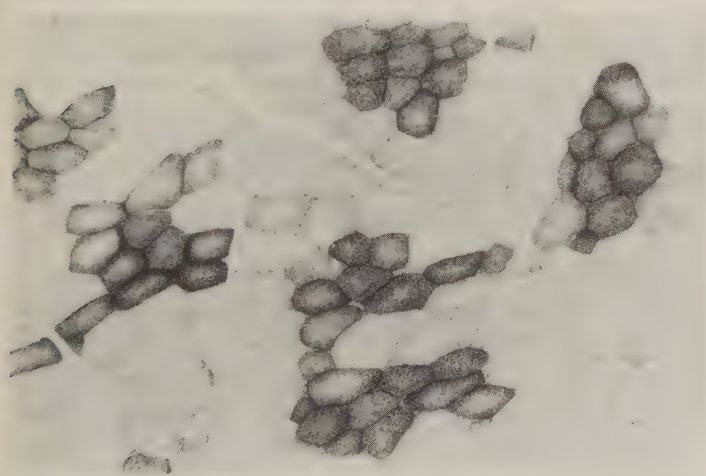


Abb. 3b

Präparat wie oben, SDH-Färbung (rote Muskelfasern sind dunkel angefärbt)

5 DISKUSSION

MAST- UND SCHLACHTLEISTUNGEN

Mit höherer Energiekonzentration im Futter stieg die durchschnittliche tägliche Lebendmassezunahme der Tiere, was mit einer besseren Futterverwertung der Hochenergiegeneration zusammenhing. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen HEUNISCH (1974) und GÜTTE et al. (1978). Allerdings liegen in unserem Versuch die täglichen Zunahmen auch bei der Niederenergiegeneration überdurchschnittlich hoch.

Die höhere Energiezufuhr in der Hochenergiegruppe führte zu einer stärkeren Verfettung des Schlachtkörpers, was besonders an der Speckdicke deutlich wurde. Der intramuskuläre Fettgehalt war dagegen in dieser Gruppe nur leicht gegenüber den anderen Gruppen erhöht, da die intramuskulären Fettdepots später reifen als andere Fettgewebe (HOOD and ALLEN, 1973). Bei Mastbullen stellte man darüberhinaus auch bei zunehmendem Alter der Tiere keine erhebliche Änderung des intramuskulären Fettgehalts fest (TENNISON et al., 1984). Diese Größe zeigt offensichtlich eine Verfettung des Schlachtkörpers nicht so deutlich an wie die Speckdicke.

Mit der größeren Speckauflage hängt hauptsächlich auch die schlechtere Handelsklasseneinstufung der Hochenergie-tiere zusammen.

Die durchschnittlichen Göfo-Werte sind bei den Hochenergie-Tieren am niedrigsten und könnten auf eine Tendenz zum PSE-Fleisch hinweisen. In dieser Gruppe war jedoch ein Tier mit auffällig niedrigem Göfo-Wert (32,5). Läßt man diesen "Ausreißer" unberücksichtigt, so ergibt sich in der Hochenergie-Gruppe ein Mittelwert von 63, der von dem der beiden anderen Gruppen nur geringfügig nach unten abweicht (Niederenergie/kurz 64; Niederenergie/lang 65).

Bei den Niederenergie-Tieren zeigte sich ein größerer Fleischanteil als bei den Hochenergie-Tieren, denn bei gleicher Le-

bendmasse hatten die Niederenergie/lang-Tiere eine geringere Speckdicke als die Hochenergie-Tiere, wobei diese Differenz durch anderes Gewebe, nämlich Muskelgewebe, ausgeglichen wurde.

In Übereinstimmung dazu stehen die Ergebnisse der Messungen der Kotelettfläche (Hochenergie 37,91 cm²; Niederenergie/kurz 33,24 cm²; Niederenergie/lang 39,32 cm²). Die kleineren Schinkengewichte andererseits scheinen dem zu widersprechen (Hochenergie 12,44 kg; Niederenergie/kurz 10,22 kg; Niederenergie/lang 12,33 kg). Berücksichtigt man jedoch die Schlachtkörpermasse, die im Mittel der Niederenergie/lang-Tiere etwas niedriger lag als bei den Hochenergie-Tieren, so zeigt sich, daß der prozentuale Schinkenanteil am Schlachtkörper bei den Niederenergie/lang-Tieren höher war.

Einen größeren Fleischanteil bei geringerer Fütterungsintensität fanden auch GÜTTE et al. (1978).

CHEMISCHE UND HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die Rohnährstoffanalysen der Koteletts ergaben nur geringfügige Unterschiede bezüglich Trockensubstanz und Rohprotein. Diese Ergebnisse stimmen mit den Untersuchungen von HOLSTEIN et al. (1985) überein. Der etwas höhere Rohfettgehalt in der Hochenergie-Gruppe ist als Folge der generellen Verfettung des Schlachtkörpers zu werten (UNSHELM et al., 1974).

Von der DNS-Konzentration in den Koteletts kann auf die Anzahl der Zellkerne pro g Fleisch geschlossen werden (CHEEK et al., 1971). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß über die DNS-Konzentration nicht nur Muskelfaserkerne, sondern auch die Kerne des endo- und des perimysialen Bindegewebes sowie die Kerne aus dem intramuskulären Fettgewebe erfaßt werden. Unterschiedliche Anteile dieser Gewebe verstärken oder kompensieren somit mögliche Konzentrationsunterschiede der Nukleinsäuren, die auf Größenunterschieden der Muskelfasern beruhen.

Bezieht man neben den DNS-Werten die histologischen Ergebnisse mit ein, so lassen sich die Aussagen über die Muskelfasergröße besser absichern, da man bei den Kernzahlen zwischen Bindegewebs- und Muskelfaserkernen differenzieren kann:

Die DNS-Konzentrationen in den Koteletts waren bei den Niederenergie/kurz-Tieren am größten. Die histologischen Untersuchungen ergaben jedoch für diese Gruppe sowohl weniger Muskelfaserkerne als auch weniger Bindegewebskerne pro 100 Zellen als bei den Hochenergie-Tieren. Demnach mußten diese Zellen kleiner sein, d.h. das Verhältnis von Plasma zur DNS mußte am kleinsten sein. Pro g Fleisch wurden daher mehr Zellkerne für diese Gruppe bei der Nukleinsäurenanalyse erfaßt, und die DNS-Konzentration gegenüber den Hochenergie-Tieren wurde dadurch erhöht. WINICK and NOBLE (1965) und Young (1970) bestätigen, daß bei jüngeren Tieren kleinere Zellen vorliegen.

Die DNS-Konzentration für die Hochenergie-Gruppe lag wiederum etwas höher als für die Niederenergie/lang-Gruppe. Diese wurde durch die höhere Zellkernzahl pro 100 Muskelzellen bei den Hochenergie-Tieren (230 gegenüber 200 bei den Niederenergie/lang-Tieren verursacht.

Die Querschnittsmessungen der Muskelfasern ergaben den größten Mittelwert bei den Hochenergie-Tieren. Gleichzeitig besaßen die Hochenergie-Tiere mehr Zellkerne pro Muskelzelle im Vergleich zu den Niederenergie/lang-Tieren. Man kann also davon ausgehen, daß sich mit dem Muskelwachstum sowohl die Kernzahl, wie auch Young (1970) feststellte, als auch die Muskelzellen vergrößern (KOLB, 1977).

Die zusätzlichen Kerne der sich vergrößernden Muskelfasern entstammen den sog. Satellitenzellen (STROMER et al., 1974), die zwischen Basalmembran und Plasmalemm der Muskelfasern liegen. Im lichtmikroskopischen Bild sind sie kaum von den echten Muskelfaserkernen zu unterscheiden, die ebenfalls am Rand der Muskelfaser, allerdings innerhalb des Plasmalemmes liegen. Möglicherweise wurden die Satellitenzellen beim Aus-

zählen der Muskelfaserkerne mitgezählt, was aber die Ergebnisse nicht wesentlich verfälscht, da die Tochterzellen der Satellitenzellen ohnehin im Laufe des Muskelwachstums mit der Muskelfaser verschmelzen.

Als Erklärung für die vermehrte Zellkernproduktion und damit für die größeren Zellen bei den Hochenergie-Tieren liegt die Hypothese nahe, daß intensive Fütterung über das Wachstumshormon die DNS-Synthese und damit das Muskelwachstum anregt (CHEEK et al., 1971). Für diesen Zusammenhang spricht bei unseren Untersuchungen, daß das Muskelwachstum in der Hochenergie-Gruppe offensichtlich früher abgeschlossen war, da das Fettgewebe, das sich zum größten Teil erst nach dem Abschluß des Muskelwachstums entwickelt, hier stärker ausgeprägt war (s. Tabelle 5).

Die Ansicht einiger Autoren (STAUN, 1963; MILLER et al., 1975; KOLB, 1977), schneller gewachsene Tiere hätten kleinere Muskelfasern als langsam gewachsene, beruht z.T. auf Analysen des Nukleinsäuregehaltes und nicht auf histologischen Untersuchungen. Möglicherweise wurde hier nicht berücksichtigt, daß auch andere Gewebearten als Muskelgewebe die Ursache dafür sein können, daß das Plasma/DNS-Verhältnis im Fleisch abnimmt.

Die mittlere DNS-Konzentration im vorliegenden Versuch (35 mg / 100 g Fleisch) zeigt einen ähnlichen Wert wie die von TSAI et al. (1973) ermittelte Konzentration. Die RNS-Konzentration liegt bei TSAI et al. etwas höher (170 mg / 100 g Fleisch gegenüber 130 mg in unserem Versuch), was damit zusammenhängt, daß die von TSAI et al. untersuchten Tiere noch jünger waren (16 Wochen) als in unserem Versuch (20 - 24 Wochen). Wie TSAI et al. feststellten, sinkt die RNS-Konzentration im Muskel mit zunehmendem Alter der Tiere.

Die Ergebnisse von LAHUCKY et al. (1983), die den Gesamtnukleinsäuregehalt des Muskels mit 400 mg / 100 g Muskel angeben, liegen deutlich höher als im vorliegenden Versuch (etwa 170 mg / 100 Fleisch). LAHUCKY et al. untersuchten

allerdings Biopsieproben, so daß hier möglicherweise vermehrt Bindegewebe erfaßt wurde, das mehr Zellkerne enthält als Muskelgewebe. Die Proben sind deshalb nicht als repräsentativ für den Gesamtmuskel anzusehen.

Ebenso wie die DNS-Konzentration lag bei den Niederenergie/kurz-Tieren die RNS-Konzentration am höchsten. Dagegen lag die RNS-Konzentration der Niederenergie/lang-Tiere ganz leicht über der der Hochenergie-Tiere. Der RNS-Gehalt ist ein Index für das Maß der Muskelproteinsynthese (HOWARTH and BALDWIN, 1971); diese fand bei den Niederenergie/kurz-Tieren in größerem Umfang statt als bei den beiden anderen Gruppen, da sich das Muskelzellvolumen bei den 80 kg schweren Tieren noch am stärksten vergrößerte.

Der, allerdings geringfügige, RNS-Konzentrationsunterschied zwischen den gleich schweren Gruppen hing möglicherweise mit dem unterschiedlichen Anteil an weißen Fasern zusammen, da der RNS-Gehalt in den weißen Fasern niedriger ist (MARGRETH and NOVELLO, 1963) und sich im histologischen Präparat bei den Hochenergie-Tieren mehr weiße Fasern zeigten.

Bei den Fasertypen fand offenbar eine altersabhängige Verschiebung zwischen den Anteilen der weißen und der intermediären Fasern statt, während der Anteil der roten Fasern nahezu konstant blieb. Der höchste Anteil an weißen Fasern lag in der Niederenergie/kurz-Gruppe vor, während er in der Niederenergie/lang-Gruppe bereits am kleinsten war. Die Anteile der intermediären Fasern verhielten sich umgekehrt. Im Verhältnis Niederenergie/lang- und Hochenergie-Gruppe hatten die schneller gewachsenen Hochenergie-Tiere mehr weiße Fasern. Da weiße Fasern den größten Durchmesser haben (VAN DEN HENDE et al., 1970), ist der höhere Anteil an weißen Fasern wohl auch die Ursache des etwas höheren Mittelwertes im Muskelfaserdurchmesser der Hochenergie-Tiere.

Der höhere Anteil an weißen Fasern in der Hochenergie-Gruppe läßt sich nun dahingehend interpretieren, daß die schneller gewachsenen Tiere zu schlechterer Fleischqualität im Sinne

von PSE-Fleisch neigen, da einige Autoren einen Zusammenhang zwischen dem Anteil der weißen Fasern im Fleisch und dem Auftreten von PSE-Fleisch sehen (KOLB, 1977; BADER, 1980; DÄMM-RICH, 1981).

Als Ausdruck dieser schlechten Qualität kann auch der erhöhte Bindegewebsanteil in der Hochenergie-Gruppe gesehen werden, weil das Fleisch dadurch zäher wird (STAUN, 1963). Diese Tiere hatten das Muskelwachstum größtenteils abgeschlossen, das Bindegewebswachstum hatte bereits stärker eingesetzt. Der geringste Bindegewebsanteil war zum Zeitpunkt der Schlachtung in der Niederenergie/kurz-Gruppe zu finden. Diese Tiere befanden sich in einem früheren Wachstumsstadium als die 100 kg schweren Tiere. Die Gewebezubildung fand hier noch hauptsächlich durch Muskelgewebe statt. Bindegewebe als ein sich relativ spät entwickelndes Gewebe hatte dagegen seine maximale Ausprägung zum Schlachtzeitpunkt (82,6 kg) noch nicht erreicht.

Das in der Einleitung vorgestellte Ergebnis, daß im Fleisch von langsamer gewachsenen Tieren ein höherer NPN-Gehalt vorliegt, bestätigt sich auf Grund des vorliegenden Versuches. Allerdings ist die Erhöhung in unserer Untersuchung nicht, wie im vorangegangenen Versuch als Erklärung dieses Ergebnisses vermutet wurde (HOLSTEIN et al., 1985), auf eine Erhöhung der Konzentrationen der Nukleinsäuren, speziell der DNS, zurückzuführen (s. Tabelle 6 und 8); diese hätte nach den Überlegungen von HOLSTEIN auf einer geringeren Zellgröße der Niederenergie-Tiere beruht.

Es zeigte sich jedoch in unserem Versuch bei den histologischen Messungen zumindest die Tendenz zu größeren Muskelzellen in der Hochenergie-Gruppe. Möglicherweise waren im vorliegenden Versuch die Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit der Tiere zu gering, um sich in deutlichen Größenunterschieden der Zellen und damit in Konzentrationsunterschieden der Nukleinsäuren manifestieren zu können. Der Altersunterschied zwischen Hochenergie- und Niederenergie-Gruppe be-

trug hier nur 20 Tage (s. Tabelle 3), während die von HOLSTEIN et al. untersuchten Tiere einen Altersunterschied von 42 Tagen zeigten.

Betrachtet man neben den Nukleinsäuren die übrigen NPN-Substanzen, so zeigt sich, daß beinahe alle diese Substanzen in der Niederenergie/lang-Gruppe in etwas höherer Konzentration im Vergleich zur Hochenergie-Gruppe vorlagen und daß daher auch der Stickstoffgehalt in der Niederenergie/lang-Gruppe am höchsten war (s. Tabelle 7). Vermutlich waren auch in den Untersuchungen von HOLSTEIN et al. die NPN-Unterschiede nicht auf eine einzige Substanz zurückzuführen, sondern auf die Gesamtheit der NPN-Substanzen.

Der weitaus größte Stickstoffanteil an den NPN-Substanzen entfällt in den vorliegenden Untersuchungen auf das Creatin. Die Absolutwerte der Creatinkonzentrationen stimmen mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen weitgehend überein (CREMER-MAINZ und FUHR-HAMBURG, 1953; DAHL, 1963). Die Konzentrationsunterschiede im Creatingehalt der verschiedenen Gruppen sind statistisch signifikant. Ein höherer Creatingehalt im Muskel der Niederenergie/lang-Tiere könnte darauf hinweisen, daß diese Tiere mehr Energie in ihren Muskeln gespeichert haben und deshalb ausdauernder bzw. eher belastungsresistent sind. Möglicherweise besteht hier auch ein Zusammenhang mit den Fasertypen. Beispielsweise könnte in den weißen Fasern weniger Creatin enthalten sein.

Der Stickstoffgehalt pro 100 g Fleisch beträgt in der Hochenergie-Gruppe 3,56 g, in der Niederenergie/kurz-Gruppe 3,57 g und in der Niederenergie/lang-Gruppe 3,62 g (s. Tabelle 5, Rohprotein). In den analysierten NPN-Substanzen sind folgende Stickstoffmengen pro 100 g Fleisch enthalten: 0,22 g in der Hochenergie-Gruppe, 0,23 g in der Niederenergie/kurz-Gruppe und 0,24 g in der Niederenergie/lang-Gruppe, d.i. 6,3% (Hochenergie) bzw. 6,4% (Niederenergie/kurz) bzw. 6,6% (Niederenergie/lang) vom Gesamtstickstoff.

Dieser letzte Wert ist fast identisch mit dem von HOLSTEIN et al. (1985) für die am langsamsten gewachsene Gruppe gefundenen (6,7%). Der Reinproteinanteil in dieser Gruppe, der sich aus dem Aminosäurenstickstoff errechnete, betrug bei HOLSTEIN 21,9%; man kann davon ausgehen, daß auch in unserem Versuch ein ähnlicher Reinproteingehalt in der Niederenergie/lang-Gruppe vorliegt.

Da sich der NPN-Gehalt der beiden anderen Gruppen in unserem Versuch nur geringfügig von der Niederenergie/lang-Gruppe unterscheidet, dürften auch die Reinproteingehalte kleinere Unterschiede zeigen als im Vergleich zu den Untersuchungen von HOLSTEIN.

Vergleicht man die NPN-Gehalte in unserem Versuch mit den von YOUNG (1970) ermittelten Werten (ca. 15% NPN im Skelettmuskel), so zeigt sich ein auffälliger Unterschied in den Ergebnissen. Allerdings wurde in unserem Versuch der von aufliegendem Bindegewebe und Fettgewebe befreite M. longissimus dorsi untersucht, während YOUNG auch das den Muskel umgebende Gewebe erfaßt und einen Mittelwert für die gesamte Muskulatur angibt. Da der Stickstoffgehalt im Bindegewebe höher ist als im Muskelprotein (GRAU, 1968), ist der Unterschied zwischen den Ergebnissen auf den Unterschied des untersuchten Materials zurückzuführen.

Die Harnstoff- und Ammoniakgehalte zeigen in unserem Versuch keine deutlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Werte liegen innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite (HERRMANN und SCHNEIDER, 1981).

Abschließend ist festzustellen, daß der hohe Energiegehalt des Futters neben dem bekannten Einfluß auf die Schlachtkörperqualität auch die Zusammensetzung des Koteletts in Bezug auf stickstoffhaltige Substanzen veränderte.

Einzelne Fleischqualitätsparameter wie der Gehalt an weißen Fasern, der Bindegewebsgehalt und der Creatingehalt weisen auf eine Tendenz zu schlechterer Fleischqualität bei den schnell gewachsenen Tieren hin.

6 ZUSAMMENFASSUNG

In einem Mastversuch von 20 bis 100 kg erhielten zwei Gruppen zu je acht Schweinen der Rasse DL x Duroc Futterrationen mit einem Gehalt an umsetzbarer Energie von 12 und 14,4 MJ / kg (Niederenergie- und Hochenergiegeneration). Durch die höhere Fütterungsintensität wurde schnelleres Wachstum erzielt.

Eine dritte Gruppe von acht Schweinen, die gleichfalls die Niederenergiegeneration erhielten, wurde zum selben Zeitpunkt wie die schnell gewachsenen Tiere geschlachtet; diese Tiere hatten bis dahin eine Lebendmasse von 80 kg erreicht.

Die höhere Energiezufuhr über das Futter führte zu einem Anstieg der täglichen Lebendmassezunahme der Tiere von 744 auf 916 g. Der Futteraufwand pro kg Lebendmassezunahme sank gleichzeitig von 2,83 auf 2,15 kg.

Die Schlachtkörper der schneller gewachsenen Tiere zeigten signifikant dickere Speckauflagen und einen signifikant geringeren Fleischanteil. Bei der Handelsklasseneinteilung, der Beurteilung der Bauchbemuskelung (Bauchpunkte), der Messung der Fleischhelligkeit und der Bestimmung des Schinkengewichtes und der Kotelettfläche schnitten die schnell gewachsenen Tiere schlechter ab als die langsam gewachsenen. Diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht gesichert. Die pH-Werte zeigten keine Abhängigkeit von der Fütterungsintensität.

Die Unterschiede im Trockensubstanz- und Rohproteingehalt der Koteletts waren zwischen schnell und langsam gewachsenen Tieren gering. Der Rohfettgehalt lag bei den schnell gewachsenen Tieren etwas höher.

Es wurden folgende NPN-Substanzen untersucht:

DNS, RNS, freie Basen, Harnstoff, Ammoniak und Creatin/-in.

Die DNS-Konzentration zeigte keine nennenswerten Unterschiede zwischen den auf 100 kg gemästeten Gruppen; bei den

80 kg schweren Tieren war sie auf Grund der geringeren Zellgröße höher. Die Konzentrationen aller anderen analysierten stickstoffhaltigen Substanzen lagen bei den langsam gewachsenen 100 kg schweren Tieren etwas höher als bei den schnell gewachsenen. Die Creatinkonzentration war für die langsam gewachsenen Tiere signifikant höher.

Histologische Untersuchungen ergaben bei den schneller gewachsenen Tieren etwas größere Muskelfaserquerschnittsflächen, mehr Zellkerne pro Muskelfaser, einen größeren Anteil an weißen Fasern und ein größeres Verhältnis von Bindegewebskernen zu Muskelfaserkernen im Vergleich zu den langsam gewachsenen Tieren.

Nimmt man die Ergebnisse der Schlachtkörperuntersuchung, der chemischen und der histologischen Untersuchungen zusammen, so fällt die Beurteilung der Fleischqualität bei den schneller gewachsenen Tieren im Vergleich zu den langsam gewachsenen Tieren schlechter aus.

Es wird diskutiert, ob die intensive Fütterung über eine Stimulierung des Wachstumshormons zu größeren Muskelzellen mit mehr Zellkernen führte.

7 SUMMARY

Investigations about the Influence of the Growth Rate of Pigs on the Concentrations of Nucleic Acids and some further Non-protein Nitrogenous Components in Loin.

During fattening between 20 and 100 kg energy supply of two groups of eight crossbred pigs (German Landrace x Duroc) each was varied from 12 to 14,4 MJ / kg metabolisable energy (low and high energy diet). By feeding the high energy diet growth rate was increased.

A third group of eight pigs also fed with the low energy diet was slaughtered at the same time as the fast growing pigs; those animals had reached 80 kg of live weight then.

Increase of energy intake caused an increase of live weight gain of the animals from 744 to 916 grams per day. The required feed per kg of live weight gain decreased from 2.83 to 2.15 kg at the same time.

Carcasses of fast growing pigs had significantly more back-fat and yielded a significant lower percentage of lean cuts. Classification of the carcasses, criteria of the ventrum muscles, colour of meat, determination of the weight of ham and longissimus area of the fast growing pig turned out to be not as good as the ones of the slow growing pigs although there were no significant differences between the groups. pH-values were not affected by feeding level.

Longissimus dry matter and protein content showed only little differences between fast and slow growing animals. Longissimus fat values tended to be slightly higher for fast growing animals.

Following nonprotein nitrogenous components were determined: DNA, RNA, free bases, urea, ammonia, creatine/creatinine. DNA concentration of animals of 80 kg live weight was higher because of their smaller cell size.

Concentrations of other analysed nitrogenous components were slightly higher for slow growing pigs than for fast growing pigs. Creatine concentrations were significantly higher for slow growing pigs.

Histological measurements showed slightly larger areas of muscle fibers, more nuclei per fiber, larger portions of white fibers and higher ratios of connective tissue nuclei to muscle fiber nuclei for faster growing pigs in comparison to slow growing pigs.

The results of carcass composition and chemical and histological investigations suggest the fast growing pigs' meat quality not to be as desirable as the slow growing pigs'.

Higher food intake is discussed to cause larger muscle cells contenting more nuclei through growth hormone.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- BADER, R., 1980: Zur enzymhistochemischen Faserdifferenzierung in der Skelettmuskulatur von Schweinen
Tagung Europ. Ges. Vet. Pathologie, Bremen
- BADER, R., 1983: Vergleichende histometrische und histologische Untersuchungen an der Skelettmuskulatur von Wild- und Hausschweinen
Berl. Münchn. Tierärztl. Wschr. 96, 89-97
- BOEHRINGER MANNHEIM, 1985: Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik mit Einzelreagenzien
(Hrsg.: Boehringer Mannheim GmbH)
- CHEEK, D.B., A.B. HOLT, D.E. HILL and J.L. TALBERT, 1971: Skeletal Muscle Cell Mass and Growth: The Concept of the DNA-Unit
Pediat. Res. 5, 312-328
- CLIFFORD, A.J., J.A. RIUMELLO, V.R. YOUNG and N.S. SCRIMSHAW, 1976: Effects of Oral Purines on Serum and Urinary Uric Acid of Normal, Hyperuricemic and Gouty Humans
J. Nutr. 106, 428-434
- CREMER-MAINZ, H.D. und J. FUHR-HAMBURG, 1983: Untersuchung der Organe - Muskel, Herz, Uterus
In: Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse V (Eds.: K. Lang und E. Lehnartz)
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg pp.539-560
- CROMWELL, G.L., V.W. HAYS, V. TRUJILLO-FIGEROA and J.D. KEMP, 1978: Effects of Dietary Protein and Energy Levels for Growing-Finishing Swine on Performance, Muscle Composition and Eating Quality of Pork
J. Anim. Sci. 47, 505-513

- DAMMICH, K., 1981: Exogene und endogene Einflüsse auf Erkrankungen des Bewegungsapparates
Vortrag-14. Kongress Dtsch. Vet. med. Ges., Bad Nauheim
- DAHL, O., 1963: Creatine Content as an Index of the Meat Products
J. agric. Food Chem. 11, 350-355
- DLG-Futterwerttabelle für Schweine, 1984
DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- DVORAK, Z., 1980: Hauptquelle der biologischen Variabilität und der Aminosäurezusammensetzung der Gewebeproteine verschiedener Tierarten
Arch. Tierernährung 30, 105-112
- ENESCO, M. and D. PUDDY, 1964: Increase in the Number of Nuclei and Weight in Skeletal Muscle of Rats of Various Ages
Am. J. Anat. 114, 235-244
- FISHER, H. and R. SHAPIRO, 1961: Amino Acid Imbalance: Rations low in Tryptophan, Methionin and Lysine and the Efficiency of Utilisation of Nitrogen in Imbalance Rations
J. Nutr. 75, 395-401
- FÜRST, A. und F. BERSCHAUER, 1981: Die Fleischqualität beim Schwein. Teil II: Einfluß der Fütterung auf die Fleischqualität
Übers. Tierernährung 9, 145-176
- GOLDBERG, A.L., 1967: Protein Synthesis in Tonic and Phasic Skeletal Muscles
Nature 216, 1219-1220
- GRAU, R., 1968: Eigenschaften des Fleisches (II, III)
In: Handbuch der Lebensmittelchemie III/2 (Ed.: J. Schormüller)
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York pp.998-1052

- GÜTTE, J.O., H. HEUNISCH und T. HEINE, 1978: Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher Energieversorgung auf Wachstum, Futterverwertung und Zusammensetzung des Körpers von Schweinen
Z. Tierphysiol., Tierernähr. Futtermittelk. 40, 171-183
- GULY, M.F., 1980: On the Regulation Role of Amino Acids in Protein Biosynthesis
Arch. Tierernährung 30, 55-62
- HEINE, T., 1975: Untersuchungen über den Einfluß unterschiedlicher Energieversorgung auf die Mastleistung, die Zusammensetzung des Tierkörpers und auf die Verwertung des Nahrungsproteins und der Nahrungsenergie bei wachsenden Fleischschweinen
Agr. Diss., Göttingen
- HEINISCH, E., 1974: Untersuchungen zum Einfluß unterschiedlicher Energieversorgung auf Futterverwertung, Qualität und chemische Zusammensetzung des Schlachtkörpers von Fleischschweinen
Agr. Diss., Göttingen
- HERRMANN, U. und R. SCHNEIDER, 1981: Die Blutharnstoffkonzentration nach der Proteinaufnahme sowie die Beziehungen zur Harn-N-Ausscheidung
Arch. Tierernährung 31, 471-479
- HÖLLER, H. und H. Hill, 1962: Beiträge zum Eiweißstoffwechsel des Schweines. VII. Mitteilung: Aminosäurezusammensetzung des Muskelfleisches von Schweinen nach langdauerndem Eiweißmangel
Arch. Tierernährung 12, 199-207
- HOLSTEIN, A.B., H.M. BLENDL und H. ERBERSDOBLER, 1985: Einfluß der Fütterungsintensität auf die Aminosäurezusammensetzung von Schweinefleisch
Fleischwirtschaft (im Druck)

- HOOD, R.L. and C.E. ALLEN, 1973: Cellularity of Bovine Adipose Tissue
J. Lipid Res. 14, 605-612
- HOWARTH, R.E. and R.L. BALDWIN, 1971: Synthesis and Accumulation of Protein and Nucleic Acid in Rat Gastrocnemius Muscles during Normal Growth, Restricted Growth and Recovery from Restricted Growth
J. Nutr. 101, 477-484
- HOTTMANN, A., 1979: Der Einfluß der Energie- und Aminosäurenaufnahme auf die Mastleistung wachsender Fleischschweine
Agr. Diss., Kiel
- KIRCHGESSNER, M., W. STAUDACHER und H. STEINHART, 1984: Ansatz und Verwertung von Aminosäuren bei frühabgesetzten Ferkeln nach qualitativ und quantitativ unterschiedlicher Proteinzufuhr
Z. Tierphysiol., Tierernähr. Futtermittelk. 52, 201-217
- KOLB, E., 1977: Zur Entwicklung, zum Mechanismus und zur Beeinflussung der Eiweißsynthese im Skelettmuskel beim Schwein
Monatshefte Vet. med. 32, 32-36
- LAHUCKY, R., M. PJESCAK, L. KOVAC and V. SIDOR, 1983. Content of some Substrates in the Longissimus Dorsi Muscle of Pigs during Fattening
Zivocisna Vyroba 28 (9), 693-698
- LEE, Y.B. and R.G. KAUFFMAN, 1974: Cellular and Enzymatic Changes with Animal Growth in Porcine Intramuscular Adipose
J. Anim. Sci. 38, 532-537
- MACY, R.L., H.D. NAUMANN and M.E. BAILEY, 1970: Water soluble Flavour and Odor Precursors of Meat. 3. Changes in Nucleotides, Total Nucleosides and Bases of Beef, Pork and Lamb during Heating
J. Food Sci. 35, 78-80

- MARGRETH, A. and F. NOVELLO, 1963: Observations on the Chemical Determination and Distribution of RNA in several Striated Muscles
Exptl. Cell Res. 35, 38-51
- MC MEEKAN, C.P., 1940: Growth and Development in the Pig, with special Reference to Carcass Quality Characteristics
J. Agric. Sci. 30, 276-344; 387-436; 511-568
- MEZINCESCU, M.D. und H. STRUGALI, 1958: Verteilung des Wassers in Muskeln und in der Leber zwischen den extra- und intracellulären Räumen und ihre Veränderungen
Studii Cercetari Biochim. 1, 141-153
- MILLER, L.R., V.A. GARWOOD and M.D. JUDGE, 1975: Factors affecting Muscle Fiber Type, Diameter and Number
J. Anim. Sci. 41, 66-77
- MOOS, F.P., 1968: The Relationship between the Dimension of the Fibers and the Number of Nuclei during Normal Growth of Skeletal Muscle in the Domestic Fowl
Am. J. Anat. 122, 555-564
- MOSS, F.P. and C.P. LEBLOND; 1970: Nature of Dividing Nuclei in Skeletal Muscle of Growing Rats
J. Cell. Biol. 44, 459-461
- MUNRO, H.N. and J.A.M. GRAY, 1969: The Nucleic Acid Content of Skeletal Muscle and Liver in Mammals of Different Body Size
Comp. Biochem. Physiol. 28, 897-905
- POWELL, S.E. and E.D. ABERLE, 1975: Cellular Growth of Skeletal Muscle in Swine differing in Muscularity
J. Anim. Sci. 40, 476-485

- RAHELIC, S. and S. PUAC, 1980: Fiber Types in Longissimus Dorsi from Wild and Highly Selected Pig Breeds
Meat Science 5, 439-450
- ROBINSON, D.W. and G.E. BRADFORD, 1969: Cellular Response to Selection for Rapid Growth in Mice
Growth 33, 221-229
- SAVAIANO, D.A., L.M. SALATI, W.D. ROSAMOND, J. SALINSKY and B.W. WILLIS, 1983: Nucleic Acid, PURINE and Proximate Analyses of Mechanically Separated Beef and Veal
J. Food Sci. 48, 1356-1357
- SCALES, F.M. and A.P. HARRISON, 1920: Boric Acid Modification of the Kjeldahl Method for Crop and Soil Analysis
J. Ind. Eng. Chem. 12, 350-352
- SOXHLET, F., 1897
Dingl. Polyt. J. 232, 461
zit. nach A. Grün: Analyse der Fette und Wachse Bd. I
Berlin 1925
- SRIPROMMA, J., 1984: Einfluß der Fütterungsintensität und des Körpergewichts auf die Schlachtkörperzusammensetzung und -qualität beim Schwein
Agr. Diss., Stuttgart-Hohenheim
- STAUN, H., 1963: Various Factors Affecting Number and Size of Muscle Fibers in the Pig
Acta agricult. scand. 113, 293-322
- STROMER, M.H., D.E. GOLL, R.B. YOUNG, R.M. ROBSON and F.C. PARRISH, 1974: Ultrastructural Features of Skeletal Muscle Differentiation and Development
J. Anim. Sci. 38, 1111-1137

- SZENTKUTI, L., B. NIEMEYER und O. SCHLEGEL, 1981: Vergleichende Untersuchung von Muskelfasertypen mit der Myosin-ATPase-Reaktion im M. longissimus dorsi von Haus- und Wildschweinen
Dtsch. tierärztl. Wschr. 88, 407-411
- TENNISON, V., C. AUGUSTINI, D. KÜHNE und W. SCHOLZ, 1984: Alterseinfluß auf Merkmale des Schlachtwertes von Jungbullen
Bundesanstalt für Fleischforschung in Kulmbach, Jahresbericht 1984 C 6, 2.2
- TIEMEYER, W. und D. GIESECKE, 1980: Reversed-phase HPLC, eine Methode zur Bestimmung von Nukleinsäurenkomponenten in Single Cell Proteinen
Ernährungsumschau 27, 281-282
- TRENKLE, A., D.L. DEWITT and D.G. TOPEL, 1978: Influence of Age, Nutrition and Genotype on Carcass Traits and Cellular Development of the M. Longissimus of Cattle
J. Anim. Sci. 46, 1597-1603
- TSAI, R., R.G. CASSENS and M.L. GREASER, 1973: Changes in RNA Species during Differentiation of Fiber Types in Skeletal Muscle
J. Anim. Sci. 36, 25-28
- UNSHELM, J., E. KALLWEIT, J. SCHRÖDER und W. von SCHUTZBAR, 1974: Einflüsse extremer Unterschiede in der Nährstoffversorgung auf Mastleistung und Ausschlachtungsbefunde bei Schweinen der Deutschen Landrasse
Züchtungskunde 46, 131-138
- VAN DEN HENDE, C., E. MUYLE, W. OYAERT and P. DE ROOSE, 1972: Changes in Muscle Characteristics in Growing Pigs
Histochemical and Electron Microscopic Study
Zbl. Vet. med. 19a, 102-110

- VENDRELY, R., 1955: The DNA-Content of the Nucleus
In: The Nucleic Acids Vol. II (Eds.: E. Chargaff and
J.N. Davidson)
Academic Press, New York
- WENK, C., 1973: Der Einfluß verschieden hoher Zufuhr von
Futterenergie und Futterprotein auf den Gesamtstoff-
wechsel, die Mastleistung und die Schlachtkörperzusam-
mensetzung wachsender Schweine
Agr. Diss., Zürich
- WINICK, M. and A. NOBLE, 1965: Quantitative Changes in DNA,
RNA and Protein during Prenatal and Postnatal Growth
in the Rat
Develop. Biol. 12, 451-466
- WINNICK, M., J. FISH and P. ROSSO, 1968: Cellular Recovery
in Rat Tissues after a Brief Period of Neonatal Malnu-
trition
J. Nutr. 95, 623-626
- YOUNG, V.R., 1970: The Role of Skeletal and Cardiac Muscle
in the Regulation of Protein Metabolism
In: Mammalian Protein Metabolism IV (Ed.: H.N. Munro)
Academic Press, New York pp. 585-674

Herrn Prof. Dr. H. Zucker danke ich sehr herzlich für die Überlassung des Themas und die jederzeit freundliche Unterstützung meiner Arbeit.

Besonders möchte ich mich bei Frau Dr. B. Holstein bedanken für die Betreuung bei der Durchführung und Anfertigung dieser Arbeit.

Der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht in Grub danke ich für die Durchführung der Schlachtung der Tiere und für die Bestimmung der Schlachtkörperparameter.

Für die Zusammenarbeit bei den histologischen Untersuchungen danke ich Herrn Prof. Dr. H.-G. Liebich vom Institut für Histologie der Tierärztlichen Fakultät.

Außerdem gilt mein Dank Frau S. Sennebogen und Herrn O. Bergmeister für die Unterstützung bei der Durchführung der Harnstoff- und Ammoniakbestimmungen und der Rohfettbestimmungen.

Durch ein Stipendium des Cusanuswerks (Bischöfliche Studienförderung) wurde ich während der Durchführung dieser Arbeit unterstützt.

LEBENS LAUF

Ulrike Marschner

- 18.11.1958 geboren in Amberg
Vater: Walter Marschner, Steuerrat
 gest. 1976
Mutter: Maria Marschner, geb. Thurn,
 Hausfrau
- 1965-1969 Besuch der Volksschule in Amberg
- 1969-1978 Besuch des Erasmus-Gymnasiums in Amberg,
 humanistischer Zweig
- Juni 1978 Abitur
- 1978-1984 Studium der Tiermedizin an der Ludwig-
Maximilians-Universität München
- 9.2.1984 Staatsexamen Tiermedizin
- Januar 1984 Beginn der Doktorarbeit am Institut für
 Physiologie, Physiologische Chemie und
 Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen
 Fakultät der Universität München
- 1.5.1984 - Tätigkeit als wissenschaftliche Hilfskraft
31.10.1984 am oben genannten Institut
- Während des Studiums und der Promotion
 Stipendium des Cusanuswerks (Bischöf-
 liche Studienförderung)

